



ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

УДК 378.4.091.33:004.4-029:6

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20486687>

Тенденції та інновації у навчанні верифікації та валідації програмного забезпечення в університетах провідних технологічних країн

Закусило Микола Миколайович,

аспірант кафедри професійної освіти, факультету технологій та дизайну,

Український державний університет імені Михайла Драгоманова

вул. Пирогова, 9, м. Київ, 01054, Україна

<https://orcid.org/0009-0004-9355-0980>

Прийнято: 13.05.2026 | Опубліковано: 30.05.2026

Анотація. У статті досліджено основні тенденції та інновації при навчанні верифікації та валідації програмного забезпечення в університетах провідних технологічних країн. **Мета дослідження** полягає в теоретичному аналізі тенденцій та інновацій у навчанні верифікації та валідації програмного забезпечення (V&V) в університетах провідних технологічних країн світу, а також обґрунтуванні рекомендацій щодо вдосконалення відповідних освітніх програм в українських закладах вищої освіти для підготовки фахівців технологічної та професійної освіти за спеціалізацією інформатика. У роботі застосовано комплекс теоретичних **методів** наукового пізнання: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення та системний підхід для дослідження особливостей навчання V&V у закладах вищої освіти США, Японії, Південної Кореї, Німеччини, Англії та України. **Результати.** Установлено, що провідні технологічні країни характеризуються високим рівнем інтеграції міжнародних стандартів (ISTQB, ECUK, ISO/IEC 25010), проектно-орієнтованого навчання, практичної



підготовки у співпраці з індустрією та використання штучного інтелекту як дидактичного інструменту. Українська модель навчання V&V демонструє високу гнучкість щодо впровадження інноваційних методів, проте потребує системного впровадження стандартизованих підходів, розширення практичної складової та поглиблення міжнародного академічного співробітництва. **Висновки.** Запропоновано рекомендації щодо модернізації навчальних програм підготовки майбутніх учителів технологій та інформатики із залученням кращих міжнародних практик, впровадження міждисциплінарного підходу, інтеграції інструментів штучного інтелекту та розвитку партнерства з IT-компаніями для підвищення конкурентоспроможності випускників на глобальному ринку праці.

Ключові слова: верифікація та валідація програмного забезпечення, тестування, програмна інженерія, вища освіта, освітні стандарти, інноваційні методи навчання, якість програмного забезпечення.

Trends and Innovations in Teaching Software Verification and Validation at Universities in Leading Technology Countries

Mykola Zakusilo,

postgraduate student, Department of Professional Education,

Faculty of Technology and Design,

Dragomanov Ukrainian State University

9 Pyrohova Str., Kyiv, 01054, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-9355-0980>

Abstract: *The article examines the main trends and innovations in teaching software verification and validation at universities in leading technology countries. The purpose of the study is to conduct a theoretical analysis of trends and innovations*



*in teaching software verification and validation (V&V) at universities in leading technology countries, as well as to substantiate recommendations for improving relevant educational programs in Ukrainian higher education institutions for training specialists in technological and vocational education with a specialization in computer science. **Methods.** The study employs a set of theoretical methods of scientific cognition: analysis, synthesis, comparison, generalization, and a systematic approach to investigate the peculiarities of V&V teaching at higher education institutions in the USA, Japan, South Korea, Germany, England, and Ukraine. **Results.** It was established that leading technology countries are characterized by a high level of integration of international standards (ISTQB, ECUK, ISO/IEC 25010), project-based learning, practical training in cooperation with industry, and the use of artificial intelligence as a didactic tool. The Ukrainian V&V teaching model demonstrates high flexibility in implementing innovative methods, but requires systematic implementation of standardized approaches, expansion of the practical component, and deepening of international academic cooperation. **Conclusions.** Recommendations are proposed for modernizing curricula by involving the best international practices, implementing an interdisciplinary approach, integrating artificial intelligence tools, and developing partnerships with IT companies to enhance the competitiveness of graduates in the global labor market.*

Keywords: *software verification and validation, testing, software engineering, higher education, educational standards, innovative teaching methods, software quality.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах цифрової трансформації суспільства та стрімкого розвитку штучного інтелекту пріоритетним завданням стає підвищення вимог до якості підготовки фахівців у сфері програмного забезпечення. Верифікація та валідація (V&V) становлять фундаментальну складову забезпечення якості програмних продуктів, що охоплює систематичні



процедури перевірки відповідності програмного продукту вимогам та очікуванням зацікавлених сторін [16]. Згідно з даними Бюро трудової статистики США (Bureau of Labor Statistics), попит на фахівців із забезпеченням якості програмного забезпечення зростає на 15% протягом наступного десятиліття, що робить підготовку в цій галузі надзвичайно важливим завданням для освітніх закладів [16]. Водночас це не означає зростання попиту виключно на тестувальників, адже різноманітні спеціальності потребують професіоналів, для яких культура якості є природною частиною професійної діяльності.

Навчання верифікації та валідації у професійній освіті виходить за межі виключно технічної підготовки, оскільки передбачає формування аналітичного мислення у студентів, розвиток командних навичок, професійної комунікації, а також розвиток відповідальності за якість продукту. Тому дослідження цієї тематики в сфері педагогіки набуває особливого значення. Провідні технологічні країни світу активно модернізують освітні програми з V&V, інтегруючи сучасні методології, міжнародні стандарти та інноваційні технології навчання. Українська система вищої освіти, попри певні досягнення, потребує вивчення та адаптації кращих міжнародних практик для підвищення конкурентоспроможності випускників [1; 2; 3]. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю теоретичного осмислення тенденцій розвитку навчання V&V у провідних технологічних країнах та визначення шляхів їх впровадження в українську практику підготовки фахівців технологічної та професійної освіти за спеціалізацією інформатика.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці навчання верифікації та валідації програмного забезпечення у закладах вищої освіти присвячено низку наукових праць вітчизняних та зарубіжних дослідників. М. Лучкевич у своїх дослідженнях акцентує увагу на тому, що навчання V&V необхідно розглядати не як вузькопрофільний технічний курс, а як фундамент цифрової грамотності. Автор обґрунтовує, що знання методів перевірки на



відповідність очікуваного результату є критично важливим для представників багатьох спеціальностей, включно з педагогами, менеджерами та медичними працівниками [5; 11]. В. Пантоджа Хепес, Х. А. Уртадо Алегрія, А. Банді та А. В. Ківелекар у своїй літературній оглядовій роботі аналізують стратегії підготовки програмних архітекторів відповідно до потреб індустрії. Автори ідентифікують ключові навички, якими повинні володіти студенти, зокрема лідерство, навички переговорів та прийняття рішень у складних ситуаціях [13]. Л. Х. Сілва, Р. Х. Кастро та М. С. Гімараєс досліджують підтримку реальних вимог у програмній інженерії за допомогою чотириетапного підходу проектно-орієнтованого навчання. Результати їхнього дослідження свідчать про високу ефективність інтеграції реальних проєктів у навчальний процес [14]. С. Ачарія, П. Манохар, В. В. Шиллінг-молодший, А. А. Ансарі та П. Ю. Ву аналізують колаборативну освіту у сфері V&V, підкреслюючи важливість спільної роботи над формуванням кваліфікованої спільноти фахівців із забезпечення якості програмного забезпечення [6].

Значний внесок у розвиток методології викладання V&V зробили А. Чероне, М. Роггенбах, Дж. Девенпорт, які дослідили інтеграцію формальних методів у навчальні програми комп'ютерних наук та програмної інженерії [7]. О. Гура у своїх роботах проаналізувала зарубіжний досвід підготовки фахівців з тестування програмного забезпечення, зокрема освітні стандарти та програми американських, азійських та європейських університетів [1; 2; 3]. Японський досвід представлено у дослідженні С. Хонідена, Ю. Тахара, Н. Йосіока та співавторів, які описали освітню ініціативу «Тор SE», спрямовану на формування фахівців із глибоким системним мисленням [9]. К. Йокіш, К. Х. Шрамм, С. Хоберт, Л. Вільгельмі та М. Шюманн провели структурний аналіз навчання тестуванню програмного забезпечення у вищій освіті Німеччини, виявивши тенденцію до узгодження програм із міжнародним стандартом ISTQB [10].



М. Закусило та Б. Шевчук у своїй роботі присвяченій методам оцінки знань та навичок студентів у сфері V&V, обґрунтовують необхідність комплексного підходу до оцінювання, що поєднує теоретичні знання з практичними навичками [4]. Т. Зівкович та Д. Демонтьєва провели огляд середовищ навчання тестуванню програмного забезпечення, виявивши зростаючий інтерес до гейміфікації та віртуальних лабораторій [15]. В. Гроеневельд, Й. Веннекенс та К. Аертс у систематичному літературному огляді акцентують увагу на необхідності розвитку позатехнічних компетентностей у студентів програмної інженерії [8]. Ф.-П. Нго, Б.-Н. Дуонг, Т.-А. Хоанг, Дж. Двайт та У. Шрестха Кхвакхалі дослідили можливості використання великих мовних моделей для навчання тестуванню програмного забезпечення на основі навчальної програми ISTQB [12].

Аналіз наукових джерел свідчить, що попри значний обсяг досліджень у галузі навчання V&V, низка проблем залишається недостатньо вивченою. Зокрема, недостатньо систематизовано досвід провідних технологічних країн щодо формування V&V-компетентностей у підготовці фахівців технологічної та професійної освіти (спеціалізація інформатика), а не виключно інженерії програмного забезпечення. Потребує подальшого вивчення питання інтеграції штучного інтелекту як дидактичного інструменту у навчальні програми з V&V для не-технічних спеціальностей. Не розроблено узагальненої моделі адаптації міжнародних стандартів якості до контексту української вищої освіти.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На основі проведеного аналізу літературних джерел можна виділити такі невирішені аспекти загальної проблеми навчання V&V у закладах вищої освіти: відсутність систематизованого порівняльного аналізу моделей навчання V&V у провідних технологічних країнах із фокусом на підготовку фахівців технологічної освіти, а не виключно програмних інженерів, що поєднується з недостатнім дослідженням можливостей інтеграції штучного інтелекту у навчальні програми з V&V як



дидактичного інструменту для формування критичного мислення у студентів, а також із відсутністю узагальненої методології адаптації міжнародних стандартів якості (ISTQB, ISO/IEC 25010) до контексту української системи вищої освіти та специфіки підготовки фахівців за спеціалізацією інформатика, що ускладнюється недостатнім рівнем міжнародного академічного співробітництва у сфері обміну найкращими практиками навчання V&V між університетами. Тому постає нагальна потреба у розробці моделей формування V&V-компетентностей через міждисциплінарний підхід, що поєднує технічні знання з педагогічними, комунікаційними та етичними навичками.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної статті є теоретичний аналіз тенденцій та інновацій у навчанні верифікації та валідації програмного забезпечення в університетах провідних технологічних країн та розробка рекомендацій щодо вдосконалення освітніх програм підготовки фахівців технологічної освіти в українських закладах вищої освіти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати теоретичні та методологічні основи навчання верифікації та валідації в рамках освіти фахівців технологічної та професійної освіти за спеціалізацією інформатика.
2. Провести компаративний аналіз тенденцій та інновацій у навчанні V&V в університетах провідних технологічних країн (США, Японії, Південної Кореї, Німеччини, Англії).
3. Проаналізувати стан навчання V&V в українських університетах та визначити шляхи його вдосконалення.
4. Розробити рекомендації щодо покращення навчальних програм підготовки фахівців технологічної та професійної освіти в українських закладах вищої освіти на основі кращих міжнародних практик.

Виклад основного матеріалу дослідження. Верифікація та валідація програмного забезпечення (Software Verification and Validation, V&V) становлять



невід'ємну частину життєвого циклу програмного забезпечення та охоплюють сукупність процесів і дій, спрямованих на оцінку відповідності програмного продукту встановленим вимогам та очікуванням користувачів. Згідно зі стандартом IEEE 1012, V&V включає систематичний аналіз, оцінку, перевірку та тестування програмного забезпечення протягом усього його життєвого циклу [16].

З педагогічної точки зору, методика викладання V&V повинна базуватися на компетентнісному підході, який передбачає формування не лише технічних, а й когнітивних навичок здобувачів освіти. До ключових компетентностей, які формуються в процесі навчання V&V, належать:

□ *критичне мислення* – здатність аналізувати та ставити під сумнів надану інформацію, що є особливо важливим в епоху інформаційного перевантаження та широкого використання штучного інтелекту [8];

□ *прогностичне мислення* – здатність передбачати ризики та наслідки певних дій ще на етапі ідеї чи планування, що цінується в будь-якій спеціальності [4];

□ *етична відповідальність* – розуміння того, що за кожним, навіть дрібним дефектом у програмному забезпеченні може стояти загроза як для користувачів та і для бізнес-процесів [8].

Методологічною основою викладання V&V є діяльнісний підхід, що передбачає залучення студентів до практичної діяльності через проектно-орієнтоване навчання. Такий підхід дає можливість здобувачам освіти змодельовати процеси V&V у реальній професійній діяльності [14]. Важливу роль відіграє також колаборативне навчання, в якому акцент робиться на командну взаємодію. Спільна робота над проектами вчить студентів конструктивній критиці, розвиває навички аргументування своєї думки та формує культуру взаємопідтримки та відповідальності [2].



Сучасною методологічною вимогою є інтеграція штучного інтелекту в навчання V&V. Штучний інтелект слугує потужним інструментом як для викладача (автоматизація перевірки завдань, генерація тестових сценаріїв), так і для студента (аналіз коду, автоматизація рутинних операцій). Головним завданням при цьому залишається навчити студентів критично оцінювати результати роботи ШІ, правильно формулювати запити та верифікувати згенеровані результати, що сприяє формуванню цифрової грамотності [12].

У провідних технічних університетах США виділяються такі ключові тенденції у формуванні навчальних програм та організації навчального процесу з V&V:

- впровадження загальновизнаних стандартів підготовки у сфері інформаційних технологій, зокрема ACM/IEEE Computing Curricula [16];

- початковий акцент на базових знаннях: алгоритмах, мовах програмування, розробці ПЗ, базах даних та архітектурі систем;

- вивчення V&V відбувається не як окремий ізольований предмет, а шляхом інтеграції у практичну діяльність розробки програмного забезпечення під час роботи над проектами;

- на магістерському рівні вивчення вузьких аспектів V&V (автоматизація, управління процесом тестування) виноситься в окремі дисципліни;

- навчання V&V охоплює не лише програмну інженерію, а й низку інших спеціальностей, де цифрова грамотність є необхідною;

- активне впровадження штучного інтелекту для автоматизації генерації документації, написання автотестів та перевірки коду [12].

Американська система освіти демонструє виражений перехід від вузькопрофільного викладання до впровадження V&V як фундаменту цифрової освіти. Завдяки високим стандартам та інтеграції у практичну діяльність,



університети США формують фахівців із високим розумінням відповідальності за якість продукту [2].

Японська модель освіти у сфері V&V характеризується глибокою інтеграцією стандартів якості в усі етапи підготовки фахівців. Основні тенденції включають:

- чіткий структурований підхід, що забезпечує вивчення через глибокий менеджмент та високі професійні стандарти [9];
- верифікація на ранніх етапах розробки програмного забезпечення, починаючи з планування та дизайну;
- стандарти та плани навчання розробляються спільно університетами та представниками бізнесу, що забезпечує швидку адаптацію студентів до реальних викликів;
- використання штучного інтелекту як інструменту перевірки програмних продуктів;
- освітня ініціатива «Top SE», спрямована на формування фахівців із глибоким системним та науковим мисленням [9].

Японська модель навчання V&V відрізняється від багатьох інших традиційних підходів своєю системністю та орієнтацією на довгостроковий розвиток. Завдяки активній залученості представників бізнесу та інтеграції формальних методів, Японія готує фахівців, здатних забезпечувати якість складних програмних систем [9].

У системі вищої освіти Південної Кореї V&V розглядаються як ключові складові підготовки фахівців в умовах швидкого технологічного розвитку. Виділяються такі тенденції:

- інтеграція практичного навчання та співпраця з реальними представниками бізнесу в навчальному процесі [1];
- підготовка студентів до роботи в умовах постійно зростаючих вимог;



□ створення спеціалізованих лабораторій для тестування систем та впровадження штучного інтелекту у реальному часі;

□ інтеграція національних освітніх стандартів у навчальні програми з метою створення цілісної системи забезпечення якості [1].

Підхід до навчання V&V у Південній Кореї підкреслює важливість навчання через практику та взаємодії університетів з представниками бізнесу. Такий підхід надає країні випускників, які відповідають високим стандартам та вимогам ринку праці.

Одним із основних пріоритетів у системі вищої освіти Німеччини щодо навчання V&V є прагнення до максимальної стандартизації. На основі аналізу освітніх програм виділяються наступні тенденції:

□ узгодження університетських програм з міжнародними стандартами, зокрема ISTQB, що сприяє кращій адаптації до вимог ринку [10];

□ нагляд та погодження з акредитаційною радою змісту та процесу дисципліни, що є гарантом високої якості підготовки;

□ впровадження спеціалізованих модулів зі штучного інтелекту відповідно до програми ISTQB;

□ інтеграція практичного та проєктного навчання для підготовки студентів до професійних вимог [10].

Німецький підхід до навчання характеризується академічною суворістю. Завдяки впровадженню високих стандартів та використанню практично-проєктного навчання університети дотримують балансу між практичною складовою та теоретичною підготовкою.

Система навчання V&V в Англії відрізняється від інших країн тісним зв'язком із професійною акредитацією. Ключові особливості включають:

□ діяльність Інженерної ради Великої Британії (ECUK) – регуляторного органу, що контролює професійний розвиток та забезпечує відповідність освітніх програм встановленим стандартам [3];



навчальні програми охоплюють як фундаментальні, так і просунуті теми в програмній інженерії, включно з методологіями розробки ПЗ, проєктуванням систем та управлінням проєктами;

акцент на командну роботу, комунікацію та етичну поведінку студентів [8];

розроблений стандарт етичного аудиту систем штучного інтелекту;

навчальні програми включають стажування, роботу над проєктами та співпрацю з бізнесом, що дає студентам можливість застосувати теоретичні знання на практиці.

Процес навчання V&V в Англії є не просто набором технічних навичок, а частиною формування професійної ідентичності фахівця, який несе відповідальність за якість програмного забезпечення.

Сучасний стан навчання у сфері V&V в Україні характеризується такими тенденціями:

адаптація до міжнародних стандартів, оскільки ринок програмного забезпечення тісно пов'язаний із світовим;

незважаючи на високу інтенсивність навчальних програм, значна частина навчання зосереджена на теоретичних процесах, приділяється недостатньо уваги системному підходу [1];

вплив неформальної освіти через велику кількість курсів та програм навчання забезпечує швидку адаптацію до технологічних змін;

інтеграція навчання V&V у міжпредметні спеціальності поступово розширюється;

українські навчальні заклади почали інтегрувати інструменти штучного інтелекту в навчальний процес, приділяючи особливу увагу навчанню критичної оцінки результатів роботи ШІ.

Україна демонструє високу гнучкість щодо впровадження нових практик викладання V&V, що дозволяє швидко адаптуватися до технологічного

розвитку. Разом з тим, залишається потреба у системному підході до стандартизації програм та розширенні практичної складової навчання [2; 3].

На основі детального аналізу освітніх програм провідних технологічних країн сформовано порівняльну характеристику моделей навчання V&V, результати якої висвітлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика моделей навчання V&V у провідних університетах світу

Країна	Ключові переваги	Інновації	Недоліки	Виклики
США	високі стандарти, інтеграція V&V у практичну розробку	активні методи навчання, цифрова грамотність	складний перехід від лекційного формату	підтримка високих стандартів
Японія	структурований підхід, глибокий менеджмент якості	освітня ініціатива «Top SE»	високий поріг входу	адаптація до реальних викликів
Південна Корея	орієнтація на вимоги ринку	зростаючі вимоги у навчанні	ризик перевантаження	баланс практики та теорії
Німеччина	контроль з боку акредитаційної ради	узгодження з ISTQB	розрив між стандартами та індустрією	інтеграція у міждисциплінарні курси
Англія	формування професійної ідентичності	контроль через ECUK	надмірний контроль акредитації	відповідність вимогам ECUK
Україна	гнучкість, взаємодія з неформальною освітою	запозичення практик	перевага теорії над практикою	відповідність вимогам ринку

Джерело: сформовано автором

Аналіз представленої таблиці 1 дозволяє виділити такі ключові закономірності. По-перше, у США та Англії культура якості перестає бути вузькопрофільним предметом і стає частиною цифрової грамотності. По-друге, у Японії та Південній Кореї спостерігається найвищий рівень інтеграції навчальних програм з реальними умовами ринку. По-третє, Німеччина та Англія

схиляються до сильного контролю якості через національні та міжнародні стандарти. По-четверте, Україна демонструє високу гнучкість у впровадженні нових практик, проте потребує системного підходу [2].

Сучасні інноваційні методи навчання V&V охоплюють широкий спектр технологій та підходів. Нижче наведено діаграму рівня впровадження ключових інновацій у провідних технологічних країнах (рис.1).

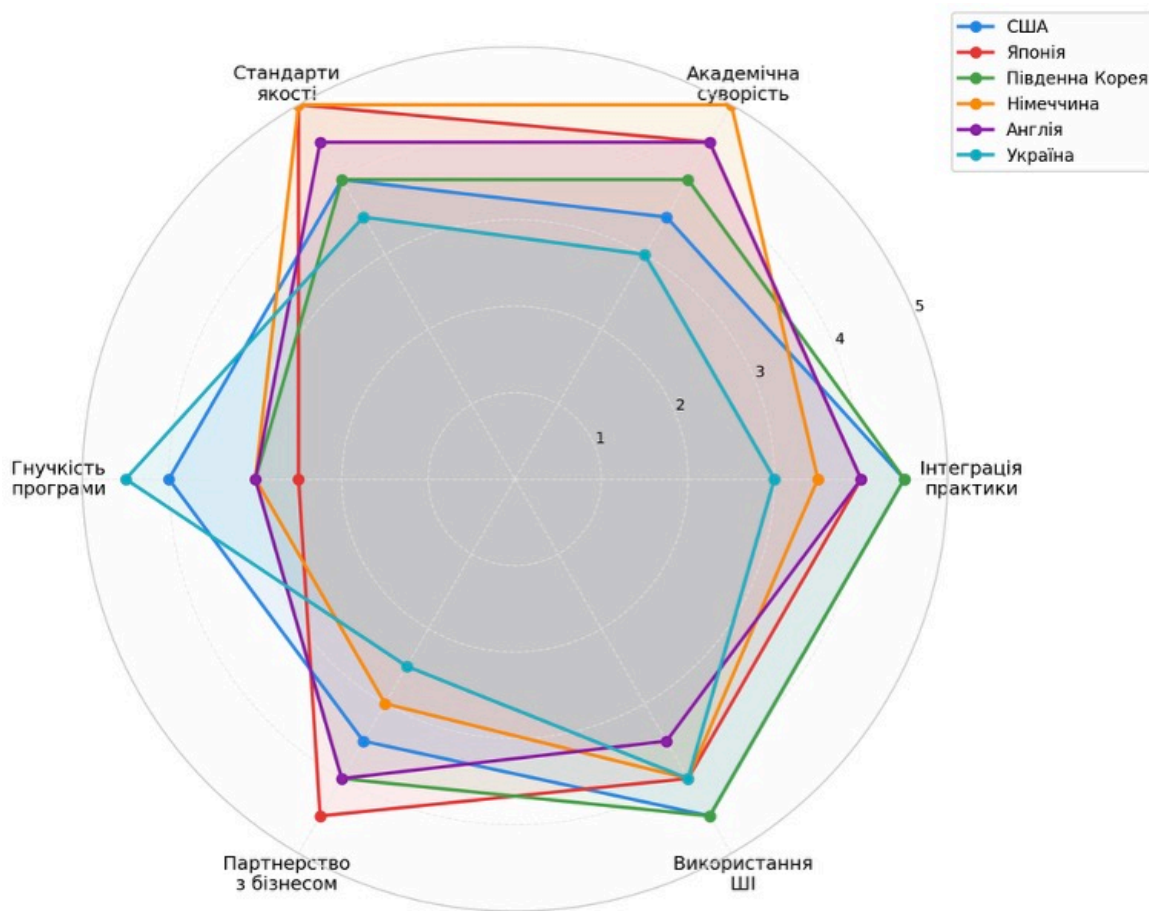


Рисунок 1. Порівняльний аналіз моделей навчання V&V у провідних технологічних країнах

Джерело: сформовано автором

Представлена діаграма демонструє, що кожна країна має свої унікальні сильні сторони. Так, Німеччина та Японія лідирують за рівнем академічної суворості та стандартів якості, тоді як США та Південна Корея випереджають у впровадженні штучного інтелекту та інтеграції практичного навчання. Україна

демонструє високий рівень гнучкості програм, що свідчить про здатність швидко адаптуватися до нових технологічних викликів.

Аналіз рівня впровадження інновацій свідчить про те, що проектно-орієнтоване навчання є найбільш поширеним підходом серед усіх проаналізованих країн (рис.2). Використання AI-асистентів для тестування та віртуальні лабораторії активно впроваджуються у США та Південній Кореї. Німеччина лідирує за рівнем впровадження міжнародної сертифікації ISTQB. Гейміфікація навчання залишається менш розповсюдженою, проте демонструє позитивну динаміку зростання [15].

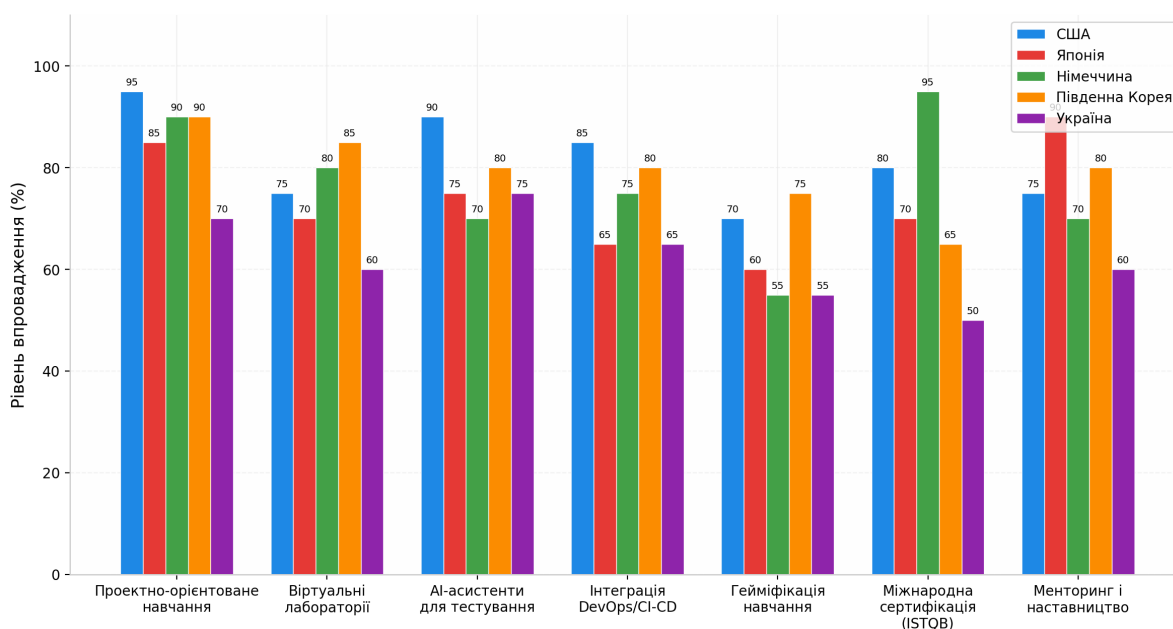


Рисунок 2. Рівень впровадження інновацій у навчанні V&V за країнами (у %)

Джерело: сформовано автором

Формування компетентностей у сфері V&V у системі вищої освіти провідних технологічних країн здійснюється поетапно, починаючи з базового рівня на початкових курсах і завершуючи безперервним професійним розвитком. Нижче представлено рівень охоплення здобувачів освіти на кожному з етапів (рис.3).

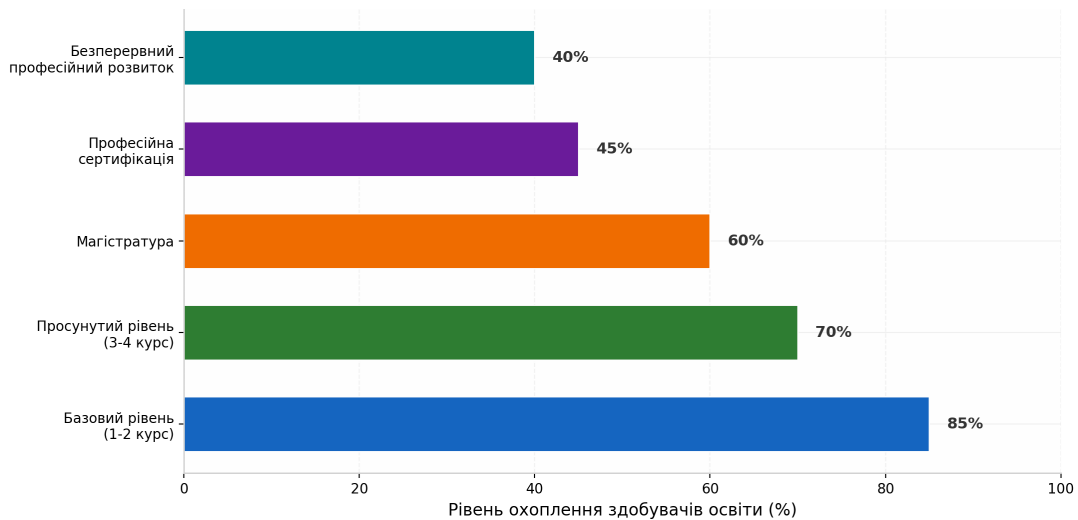


Рисунок 3. *Етапи формування V&V-компетентностей у системі вищої освіти провідних технологічних країн*

Джерело: сформовано автором

Представлені дані свідчать, що найвищий рівень охоплення здобувачів освіти спостерігається на базовому рівні (1-2 курс), де 85 % студентів отримують початкові знання з V&V. На просунутому рівні (3-4 курс) охоплення становить 70 %, у магістратурі – 60 %. Професійна сертифікація та безперервний професійний розвиток охоплюють відповідно 45 % та 40 % фахівців. Це свідчить про необхідність розвитку програм підвищення кваліфікації для практикуючих фахівців [10].

На основі проведеного дослідження та аналізу кращих міжнародних практик запропоновано такі рекомендації щодо вдосконалення навчання V&V в українських закладах вищої освіти:

1. Рекомендації щодо модернізації навчальних програм:

оновлення навчальних планів з метою збільшення частки практичних занять з V&V та інтеграції дисциплін, спрямованих на формування культури якості, на всіх рівнях підготовки;



впровадження міжнародних стандартів якості (ISTQB, ISO/IEC 25010) у зміст навчальних програм для забезпечення відповідності вимогам глобального ринку;

розвиток партнерства з ІТ-компаніями для створення спільних навчальних програм, стажувань та проєктної діяльності студентів;

створення віртуальних лабораторій та використання онлайн-платформ для моделювання реальних умов роботи над проєктами V&V;

впровадження методів наставництва та менторингу для індивідуалізації освітнього процесу та розвитку «м'яких» навичок [5].

2. Рекомендації щодо використання штучного інтелекту

інтеграція інструментів штучного інтелекту у навчальний процес як дидактичного засобу для автоматизації рутинних операцій, аналізу коду та моделювання помилок;

розробка спеціальних навчальних модулів, спрямованих на формування критичного мислення щодо результатів роботи ШІ та здатності верифікувати згенеровані дані;

3. Рекомендації щодо міжнародного співробітництва

активізація міжнародного академічного обміну з провідними університетами у сфері навчання V&V для запозичення кращих практик;

участь у міжнародних освітніх консорціумах та програмах академічної мобільності для студентів і викладачів;

підготовка викладачів до викладання V&V відповідно до міжнародних стандартів через програми стажування за кордоном.

Впровадження запропонованих рекомендацій дозволить українським закладам вищої освіти не лише зберегти високу гнучкість освітніх програм, а й підвищити їхню системність та конкурентоспроможність на міжнародній арені, забезпечивши випускників фундаментальними V&V-компетентностями, необхідними для успішної професійної діяльності в умовах цифрової економіки.



Висновки. На основі проведеного дослідження тенденцій та інновацій у навчанні верифікації та валідації програмного забезпечення в університетах провідних технологічних країн констатовано суттєву трансформацію освітньої парадигми у сфері V&V під впливом цифрової трансформації суспільства та розвитку штучного інтелекту. Аналіз освітніх програм США, Японії, Південної Кореї, Німеччини та Англії засвідчив виражену тенденцію до переходу від вузькопрофільного викладання V&V до інтеграції культури якості в контекст цифрової грамотності, що набуває особливого значення для підготовки фахівців технологічної та професійної освіти за спеціалізацією інформатика.

Список використаних джерел

1. Гура, О. Зарубіжний досвід підготовки інженерів з тестування програмного забезпечення: аналіз освітніх стандартів та програм азійських університетів. *Comparative Professional Pedagogy*, 2024. Vol. 14, № 2. P. 122–130. DOI: [https://doi.org/10.31891/2308-4081/2024-14\(2\)-12](https://doi.org/10.31891/2308-4081/2024-14(2)-12).
2. Гура, О. О. Зарубіжний досвід підготовки інженерів з тестування програмного забезпечення: аналіз освітніх стандартів і програм американських університетів. *ScienceRise: Pedagogical Education*, 2024. № 2 (59). P. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.304973>.
3. Гура, О. О. Зарубіжний досвід підготовки інженерів з тестування програмного забезпечення: аналіз освітніх стандартів та програм європейських університетів. *ScienceRise: Pedagogical Education*, 2024. № 4 (61). P. 42–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.318763>.
4. Закусило, М. М., Шевчук, Б. В. Методи оцінювання знань та навичок студентів у галузі верифікації та валідації програмного забезпечення. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методи навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали XIV Міжнар. науково-практичної конф. (7–8 листопада 2024 р.)*. 2024. № 14. С. 108–111.



5. Лучкевич, М. Наставництво і менторинг у розробці практичних навичок при вивченні DevOps. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 2025. № 75. С. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-75-80-87>.
6. Acharya, S., Manohar, P., Schilling, W. W. Jr., Ansari, A. A., Wu, P. Y. Collaborative Education: Building a Skilled Software Verification and Validation User Community. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*. 2014. P. 24.281.1–24.281.11. DOI: <https://doi.org/10.18260/1-2--20172>.
7. Cerone, A., Roggenbach, M., Davenport, J., Denner, C. et al. Rooting formal methods within higher education curricula for computer science and software engineering. *arXiv*, 2020. 26 p. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.05708>.
8. Groeneveld, W., Vennekens, J., Aerts, K. Software engineering education beyond the technical: a systematic literature review. *arXiv*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.09865>.
9. Honiden, S., Tahara, Y., Yoshioka, N., Taguchi, K., Washizaki, H. Top SE: Educating Superarchitects Who Can Apply Software Engineering Tools to Practical Development in Japan. *Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering*. 2007. P. 708–718. DOI: <https://doi.org/10.1109/icse.2007.89>.
10. Jokisch, C., Schramm, K. H., Hobert, S., Wilhelmi, L., Schumann, M. Structured Analysis of Software Testing Education in Higher Education in Germany. *2025 IEEE 37th International Conference on Software Engineering Education and Training*. 2025. P. 98–107. DOI: <https://doi.org/10.1109/cseet66350.2025.00017>.
11. Luchkevych, M. The impact of DevOps methodologies on the development of IT students' digital competencies. *Information Technologies and Learning Tools*, 2025. Vol. 108, № 4. P. 53–63. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v108i4.6057>.
12. Ngo, T.-P., Duong, B.-N., Hoang, T.-A., Dwight, J., Shrestha Khwakhali, U. Harnessing the Power of Large Language Models for Software Testing Education: A



Focus on ISTQB Syllabus. *ACM*, 2025. 7 p. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.22318>.

13. Pantoja Yopez, W. L., Hurtado Alegria, J. A., Bandi, A., Kiwelekar, A. W. Training software architects suiting software industry needs: a literature review. *Education and Information Technologies*, 2024. Vol. 29. P. 10931–10994. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12149-x>.

14. Silva, L. H., Castro, R. X., Guimaraes, M. C. Supporting Real Demands in Software Engineering with a Four Steps Project-Based Learning Approach. *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training*. 2021. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00014>.

15. Towards Integrating Emerging AI Applications in SE Education. *arXiv*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.18062>.

16. Wang, J., Huang, Y., Chen, C., Liu, Z., Wang, S., Wang, Q. Software Testing With Large Language Models: Survey, Landscape, and Vision. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2024. Vol. 58, № 4. P. 911–936. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.07221>.